

冬季路面摩擦に影響を及ぼす因子に関する検討

Examination about the factor of influence on road surface friction in the winter season

中央大学大学院土木工学専攻 学生員 ○本木 新 (Arata Motoki)
 中央大学土木工学科 フェロー 姫野 賢治 (Kenji Himeno)
 (独) 土木研究所 正会員 千葉 学 (Manabu Chiba)

1. はじめに

積雪寒冷地において、冬季における安全かつ円滑な道路交通を確保するために路面の摩擦性能の管理が重要視されている。中でも、「ブラックアイスバーン」とよばれる薄氷路面による事故が問題とされており、メカニズムの解明と路面の改善が必要とされている。

ところで、近年欧米では、すべり摩擦と密接な関係性を持つといわれているテクスチャを路面管理に用いており、テクスチャをすべり摩擦力の測定とあわせて利用することで路面管理をより効率的に行うことができるのは明らかである。

そこで、本研究ではすべり摩擦と密接な関係性をもつテクスチャに着目し、氷結路面に適用することで、「ブラックバーン」のメカニズムを検討するとともに、現象下においても、有効的なすべり摩擦を維持することのできる舗装表面の開発を周波数解析に基づき行った。

2. 研究方法

2.1 目的と手法

本研究の目的は、氷結路面のテクスチャとすべり摩擦の測定結果の関係に基づき、効果的な路面を検討することである。なお、本研究で取り扱うマクロテクスチャとマイクロテクスチャは2次元計測したものを使用した。これにより、同時に3方向(垂直, 平行, 鉛直)の影響因子の検討を行うことができる。

また、ブラックアイスバーンを再現した路面を作り出すために、図-1のように、舗装表面に水を少量ずつ、計7回に分けて塗布した。これにより、「ブラックアイスバーン」のような薄く頑丈な氷膜を作るとともに、摩擦が小さくなっていく過程を段階を踏んで追うことが出来る。

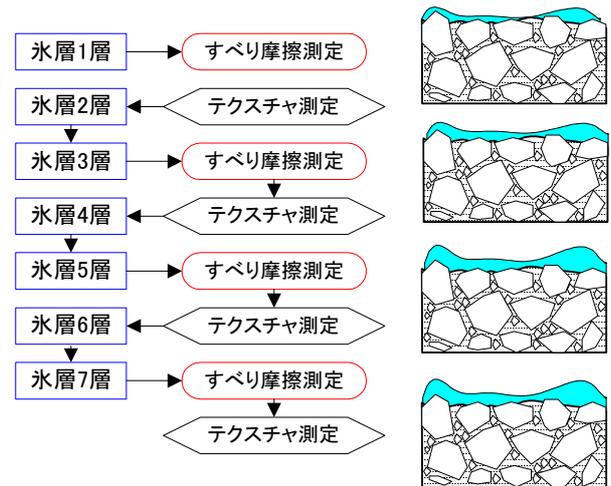


図-1 すべり摩擦測定手順

2.2 使用供試体

今回すべり摩擦を検討するにあたり以下のテクスチャに差異を持たせた排水性舗装2種類(空隙率17%, 20%), 機能性SMA(粗い, 細かい), 密粒度, ショットブラスト加工排水性2種類, ショットブラスト加工機能性SMA2種類, ショットブラスト加工密粒度の計6種類の供試体を使用した。

2.3 測定内容

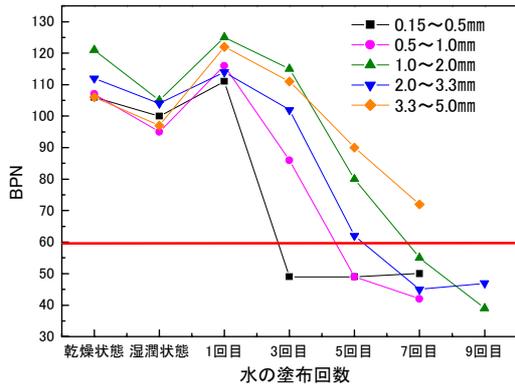
(1) 測定方法

本実験では「ブラックアイスバーン」を作り出すために、図のように供試体表面への水の塗布を行い、それぞれ乾燥状態, 湿潤状態, 氷膜1,3,5,7層めにおいて測定を行った。これは、各段階でのすべり摩擦を検討することで、すべり摩擦の評価値(BNP=60)を下回る時のテクスチャを検討するためである。

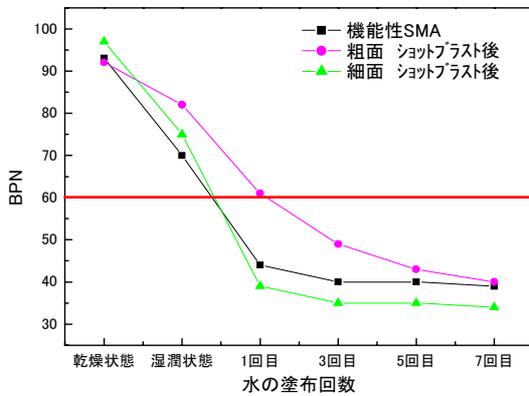
(2) すべり摩擦測定

すべり摩擦は、英国式すべり摩擦測定機により測定され、BPN値によって表される。測定は表で示す箇所で行い、同箇所でもテクスチャ測定も行うことで関係性を検討した。各層に

おけるすべり摩擦(BNP)を図-2 に示す。



密粒度舗装



機能性 SMA

図-2 すべり摩擦測定結果

(3) テクスチャ測定

レーザーセンサーを備えた定位置式変位計(図-3)により、表-1 の設定下でプロファイルを測定した。測定箇所はすべり摩擦測定を行った軌跡上を行い、転圧方向に対し鉛直、水平に各2点ずつ測定した。マイクロテクスチャは1.5cm(測定点数15000点)、マクロテクスチャは5cm四方(40000点)でそれぞれ計測を行った。

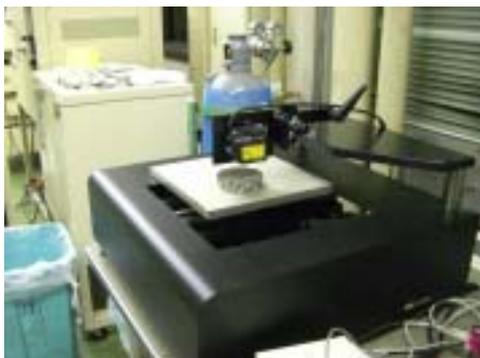


図-3 テクスチャ測定機器

表-1 定位置式変位計のレーザーセンサーの設定

基準距離	30mm	500mm
測定可能範囲	±5mm	±250mm
光スポット径	φ 30 μ m	φ 500 μ m
テクスチャ分解能	1 μ m	50 μ m
データ測定数	256×256点	80×80点

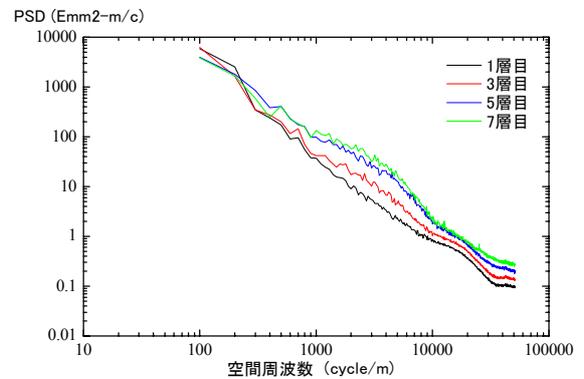
3. テクスチャ解析

3.1 周波数解析

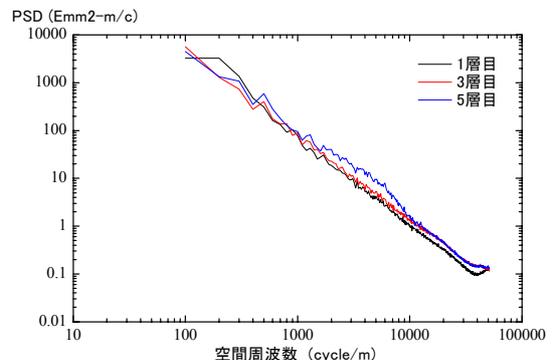
テクスチャ解析方法として、本研究では周波数解析を使用した。その理由として舗装表面は自己相似性を有しており、各供試体における波長帯を検討することで、2次元での評価を行うためである。

3.2 スペクトル解析

スペクトル解析とは、分析対象のデータや関数を周波数成分に変換して、異なった観点から特性を分析する方法である。とあらわすことができる。今回、2次元データで計測していることから、1次元での変換式を2次元に拡張したものを使用した。解析結果を図-4 に示す。

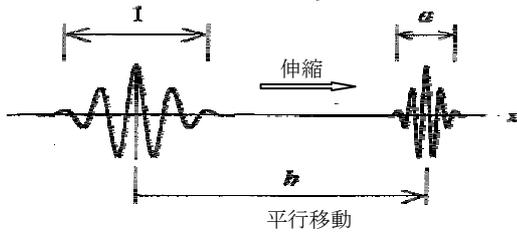


機能性 SMA

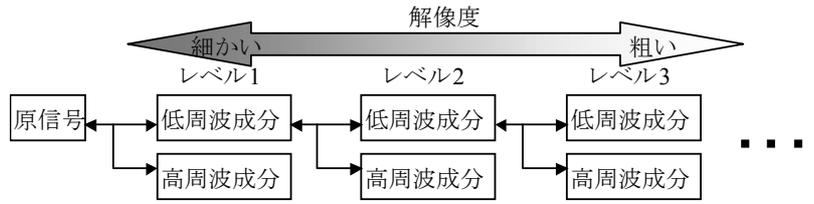


密粒度

図-4 スペクトル解析結果



スケール(伸縮)とトランスレート(平行移動)



多重周波数解析説明図

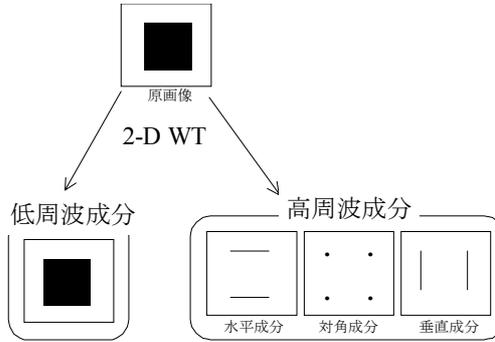


図-5 2次元信号の2-D WT 解析

3.3 ウェーブレット解析

(1) WT 及び WT 変換

スペクトル解析の結果から波長帯 n で PSD 値が変化することはわかったが、空間的な情報が欠如してしまったために 2次元データの特徴である 3 方向のテクスチャがすべり摩擦にあたる影響を考慮することができなかった。そこで、この欠点を改善するウェーブレット変換を使用した。ウェーブレット(WT)は信号データを生成するさざなみ(wavelet)を表す様々な関数の使われ方に関連した呼称である。WT 変換とは、ある基本関数(マザーウェーブレット)を基に、これをスケール(伸縮)ならびトランスレート(平行移動)して求められる関数の組を基底とした積分変換である。WT 変換は、空間的にも周波数的にも局在した関数を用いているので、空間と周波数の両方の情報を分析できる。

WT 変換は、連続 WT 変換と離散 WT 変換に大別されるが、本研究では連続 WT 変換を 2 進分割表現した離散 WT 変換を用いることにする。離散 WT 変換は多重解像度解析より導くことができ、次に説明する多重解像度解析が可能になる。

(2) 多重周波数解析

多重周波数解析は、信号の局所的性質(高周波数帯域)と大域的性質(低周波数帯域)を同時に解析する方法である。多重解像度解析によりデータの分解が可能であると同時に、再構成が可能となる。

(3) 2-D WT 解析

2次元信号の場合、図-5のようにまず横軸方向に WT 変換を行ない、その係数に対して縦軸方向に WT 変換を行う。このようにして 1つの低周波成分、および水平、垂直、対角方向の高周波成分に分解することができる。

図-6 はウェーブレット解析を行い、中でも大きく差異の見られた機能性 SMA の解像レベル 4 における各表面の解析結果である。

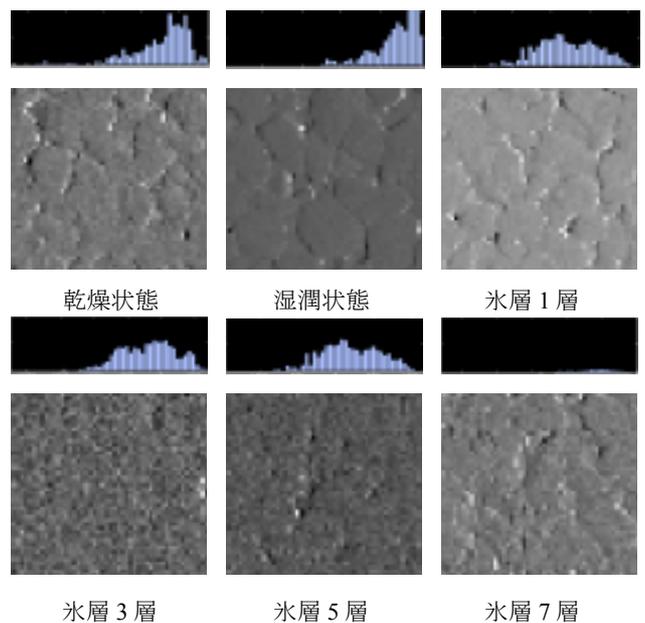


図-6 ウェーブレット解析結果

4. 結論

すべり摩擦の結果より、氷層 3 層目においてすべり摩擦が基準値を下回った。この時の周波数解析の結果と比較すると、解像レベル 4, すなわち波長が 0.1~0.2mm の PSD 値が小さくなることで、雪氷路面のすべり摩擦が機能しなくなる事がわかった。この事から積雪寒冷地における路面にはこの波長を多く含むものが最適であると考えられる。

参考文献

1. ASTM : Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester, Standard No. E303-93(1998), ASTM
2. ASTM : Standard Practice for Calculating Pavement Macrotexture Mean Profile Depth, E 1845-96(1996), ASTM
3. ISO/CD 13473: Characterization of Pavement Texture Utilizing Surface Profiles : Estimation of Mean Profile Depth, Committee Draft from ISO/TC 43/SC 1/WC 39, ISO 1994
4. Minh-Tan Do : Prediction of Tire / Wet Road Friction from Road Surface Microtexture and Tire Rubber Properties, SURF2004
5. 七五三野 茂, 早川 泰史 : 高速道路路面管理へのテクスチャの適用性についての検討, 舗装工学論文集, 第四卷, 1999
6. 郭 慶煥, 中村佳大, 姫野 賢治: 舗装表面の摩擦に影響を及ぼす因子に関する研究, 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集, 第 V 部, V-039, 2001
7. 小林 一行 : MATLAB ハンドブック, 秀和システム

謝辞

本研究は、中央大学特定課題研究費の補助を受けて実施したものであり、遂行にあたり、暖かい御指導、御鞭撻を賜りました中央大学土木工学科 姫野賢治教授に深く感謝の意を表します。

また、独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所の千葉学様をはじめとした道路部の方々にはご多忙の中、多大なご指導、ご協力を頂きました。心より感謝の意を表します。